

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA UM SECADOR

ANGEL P. GARCIA<sup>1</sup>, RAFAEL A. DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, CLAUDIO K. UMEZU<sup>3</sup>, NELSON L. CAPPELLI<sup>4</sup>, KIL J. PARK<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Mestrando, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP, (19) 3788.1055, e-mail: *angel.garcia@agr.unicamp.br*

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Doutorando, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

<sup>3</sup> Eng. Eletricista, Pesq. Doutor, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

<sup>4</sup> Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

<sup>5</sup> Eng. de Alimentos, Prof. Doutor, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

**Escrito para apresentação no**

**XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**

**25 a 29 de julho de 2005 - Canoas - RS**

**RESUMO:** Um dos grandes desafios do setor agroindustrial é conciliar qualidade com alta produtividade, satisfazendo as exigências do mercado. Em virtude desta realidade, ferramentas de automação devem ser aplicadas de maneira contundente em muitos dos processos agrícolas. Este trabalho estudou a utilização de controladores para um sistema de secagem. O parâmetro mais importante no processo de secagem é a temperatura do ar. Os coeficientes da função de transferência foram utilizados para simular os controles. Os testes laboratoriais mostram que a simulação pode ser utilizada para obter parâmetros adequados ao sistema real.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação, Temperatura, PID, On/Off.

## IMPLEMENTATION OF CONTROL SYSTEM TO DRYER

**ABSTRACT:** One of the great challenges of the agro-industrial sector is to combine quality with high productivity, satisfying the market requirements. In virtue of this reality, automation tools must be applied in many agricultural processes. This work studied the use of controllers to drying system. The most important parameter of drying system is the air temperature. The transfer function coefficients were used to simulate the controls. The laboratory tests showed that the simulation can be used to obtain adequate parameters to real system.

**KEYWORDS:** Automation, Temperature, PID, On/Off.

**INTRODUÇÃO:** Há vários processos que podem ser utilizados na conservação de produtos agrícolas. Dentre estes, a secagem é o processo comercial mais utilizado para a preservação da qualidade desses produtos. A utilização de secadores em escala pequena ou laboratorial é sempre uma boa alternativa para a escolha final do secador industrial, pois esses possibilitam a determinação das características de secagem do material que são requeridas para prever o modo como a matéria prima irá secar em escala industrial (KEEY, 1978). A temperatura do ar de secagem tem efeito significativo sobre a qualidade do produto. Sob temperaturas elevadas do ar de secagem, podem-se provocar danos físicos (quebras e trincas), descoloração, redução do teor de amido, óleo e proteína do produto.

Para determinar a temperatura do ar de secagem devem ser considerados os seguintes fatores:

1. O uso final do produto;
2. O teor de umidade inicial do produto;
3. O tipo de produto.

Portanto, o controle efetivo das condições de secagem, principalmente o parâmetro temperatura se faz necessário frente às possibilidades operacionais que esse controle pode gerar. Além disso, sob o caráter laboratorial, ressalta-se a importância da precisão desse parâmetro nas análises pormenorizadas dos efeitos desse parâmetro nas características do produto.

O objetivo do trabalho foi determinar as características de uma bancada de secagem em escala de laboratório com a definição dos parâmetros de controle.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Para o ensaio utilizou-se uma bancada de secagem marca T&S (Figura 1a) composta de um ventilador com aquecedor modelo HL500, marca STEINEL com potência nominal de 1200W, vazão de ar de  $5,83-9,17 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  e potência variável. Utilizou-se também um controlador modelo N1100, marca NOVUS com sistema de Auto-sintonia dos parâmetros PID e saída de largura de pulso modular (PWM) e um sensor de temperatura PT100.

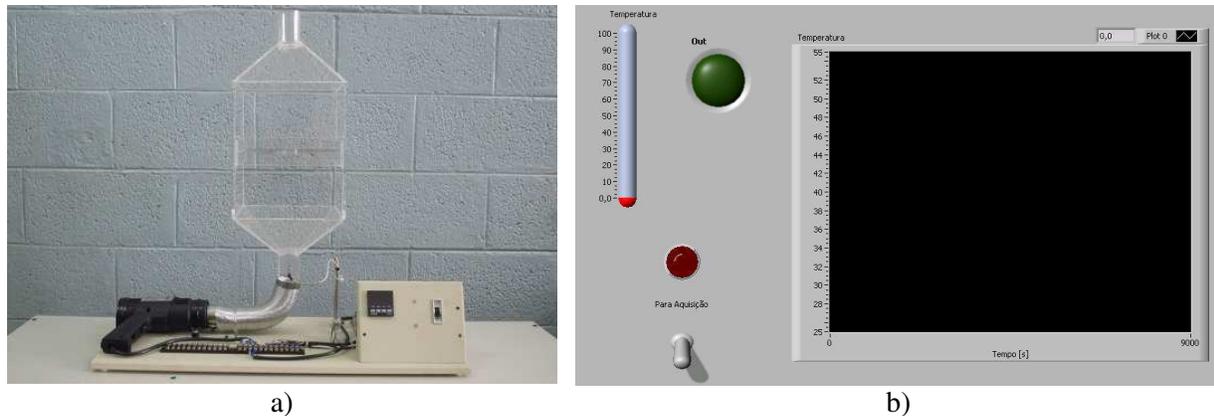


Figura 1: a) Bancada didática de controle de temperatura e fluxo de ar; b) Layout do programa de aquisição de dados LabVIEW.

A coleta dos dados foi realizada utilizando o programa LabVIEW 7.1 (Figura 1b) por meio de uma placa de aquisição da National Instruments modelo PCI6024, com resolução de 8 bits, 16 entradas e 2 saídas analógicas. Na primeira etapa, foram levantadas três curvas de temperaturas em função do tempo. Durante a aquisição variou-se a potência de alimentação do aquecedor do sistema, objetivando levantar as constantes de tempo e proporcionalidade da bancada, já que o sistema térmico estudado é um sistema de primeira ordem e tem a função de transferência, mostrada a seguir:

$$G(s) = \frac{K}{T \cdot s + 1} \quad (1)$$

Com a equação (1) foi possível determinar a função de transferência para a simulação no programa MatLab. No programa MatLab foram simuladas dois tipos de sistemas de controle: o controlador ON/OFF e do tipo PID, como ilustra a Figura 2.

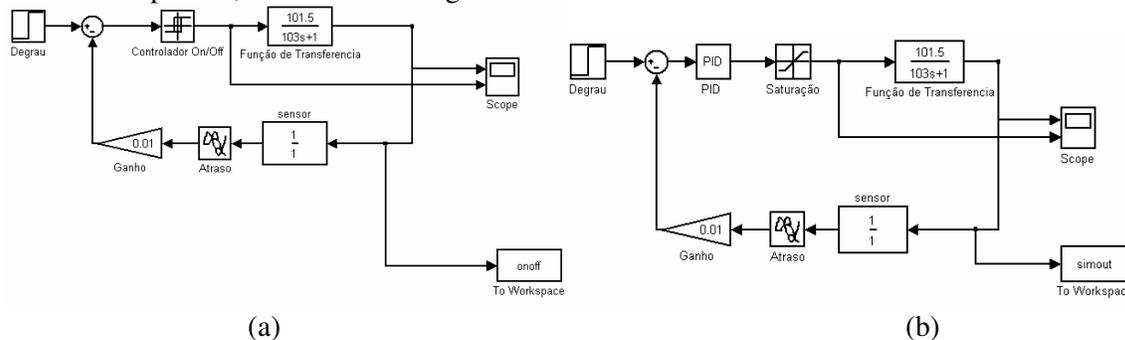


Figura 2: Diagrama da planta de secagem no MatLab: (a) controlador ON/OFF; (b) controlador PID.

A partir destas simulações foi possível determinar valores de PID simulados para posteriormente serem implementados no sistema. Com base nas três curvas de potência levantadas na primeira etapa,

utilizando o método de Ziegler-Nichols, foi traçada uma reta tangente no ponto de inflexão para cada curva. Com isso, se mediu o tempo de atraso (L) e a constante de tempo (T). O método de Ziegler-Nichols estabelece condições de cálculo para os parâmetros do controlador PID.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Por meio do gráfico da Figura 3 foi possível obter os valores das constantes de proporcionalidade (K) e constante de tempo (T), apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Valores das constantes K e T

Potência	10%	20%	30%	Média	Desvio
K	105,0	96,0	104,0	<b>101,5</b>	<b>4,93</b>
T	105,4	97,0	106,8	<b>103,0</b>	<b>5,30</b>

Em seguida, com os valores médios de K e T, a equação de transferência foi inserida no programa MatLab. Foi realizada uma simulação para a validação dos valores comparando-os com os valores obtidos experimentalmente. Estes dados são apresentados na Figura 3.

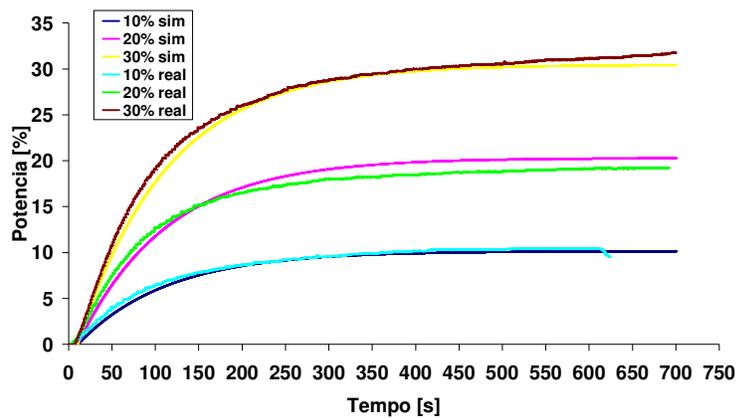


Figura 3: Gráfico das curvas de temperatura em função do tempo para diferentes potências

Com estes parâmetros, o controlador ON/OFF foi configurado no programa MatLab. Em seguida foi realizado um ensaio utilizando a bancada. Compararam-se os valores obtidos na simulação e os encontrados experimentalmente, Figura 4a.

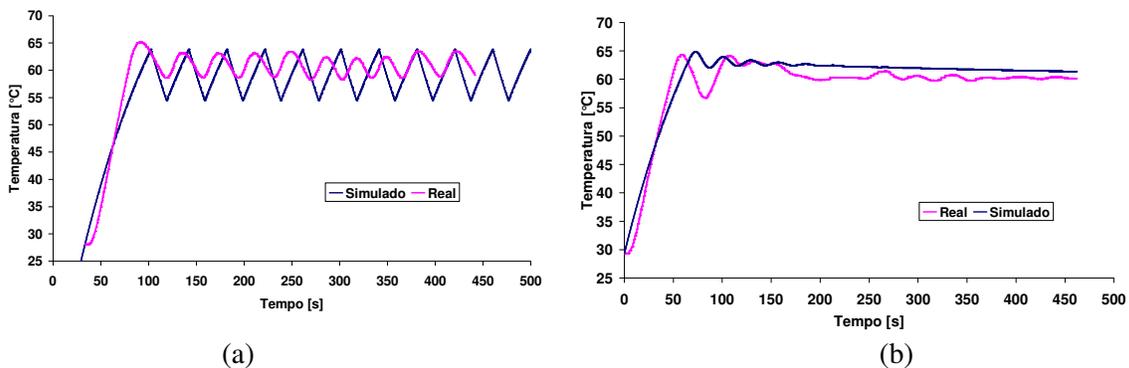


Figura 4: Gráfico comparativo entre as curvas simuladas no programa MatLab e obtidas experimentalmente: (a) com controlador do tipo ON/OFF; e (b) com controlador PID.

No gráfico da Figura 4b, observa-se que os comportamentos das curvas simulada e obtida experimentalmente (real) utilizando controlador PID apresentam diferenças. Isto ocorre devido a fatores que não foram incluídos no sistema simulado, tais como: perda de calor para o meio ambiente ou influência da temperatura externa. Contudo, o sistema simulado representa de forma adequada o que ocorre no sistema real, pois a característica cíclica é a mesma, além da temperatura máxima atingida pelo sistema.

Com os valores obtidos pelo método de Ziegler-Nichols, gerou-se no MatLab a curva simulada denominada Nichols - sim (Figura 5a), que possui um *over shut* de cerca de 17% e um tempo de estabilização de aproximadamente 55 s. Em seguida foi simulado, novamente no MatLab, com outros parâmetros o sistema com objetivo de se reduzir o valor do *over shut* e do tempo de estabilização. A nova curva gerada foi denominada de Nichols Modificado – sim (Figura 5a). Com estes valores de PID a curva apresentou um *over shut* de aproximadamente 2% e um tempo de estabilização em torno de 150 s. No entanto, estes valores inseridos no controlador, modificado - real (Figura 5a), não estabilizaram o sistema, entrando em oscilação. Assim, seguiu-se a recomendação do fabricante que, em caso de oscilação, recomendava um aumento da Banda Proporcional em 50% e obteve-se a curva modificado 50% - real (Figura 5a) em que o sistema real estabilizou-se.

Com o intuito de se verificar o comportamento do controlador em caso de distúrbios, com o sistema operando de forma estável, foi desligada a resistência do aquecedor por 30 s após cerca de 40 s de funcionamento estável, religando em seguida (Figura 5b). O controle retomou com um *over shut* de aproximadamente 10% e estabilizando o sistema sem erro de regime.

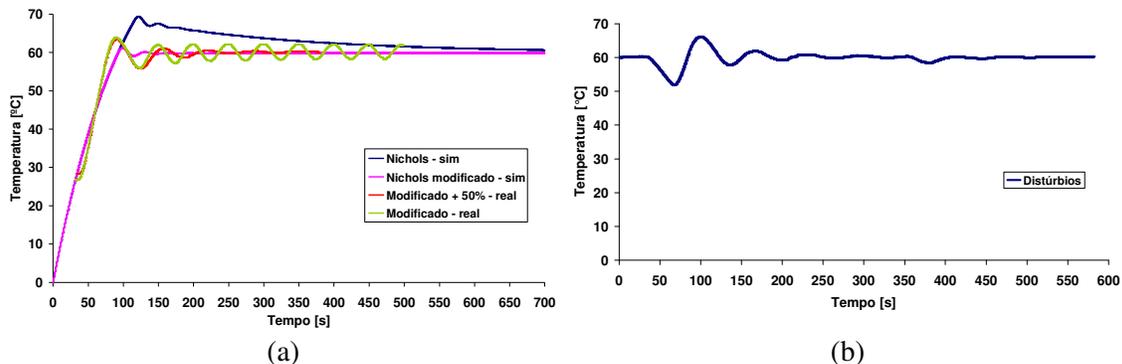


Figura 5: Gráfico comparativo entre as curvas obtidas pelo método Ziegler-Nichols simuladas e experimental (a) e distúrbio provocado por desligamento (b).

**CONCLUSÃO:** Os coeficientes da função de transferência mostraram ser adequados para simular os controles PID e ON/OFF. Os testes laboratoriais mostram que a simulação pode ser utilizada para obter parâmetros adequados ao sistema real. Após distúrbio causado no sistema, o sistema de controle re-estabeleceu as condições inicialmente configuradas. Isso indica que o controlador atua de forma adequada para manter as condições pré-estabelecidas.

**AGRADECIMENTOS:** A Empresa T&S pelo auxílio no projeto e construção da bancada de secagem. Ao Laboratório de Instrumentação e Controle pela cessão de sua infra-estrutura para a realização deste trabalho. À CAPES e CNPq pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

KEYEY, R. B. **Introduction to industrial drying operations**. Oxford: Pergamon Press, 1978, 376 p.  
 NATIONAL INSTRUMENTS, LabVIEW 7.1, **User manual**, Disponível em <http://www.ni.com/manuals/> Último acesso em 19/03/2006.  
 NOVUS, Novus Produtos Eletrônicos LTDA. **Manual técnico**. Disponível em <http://www.novus.com.br/> Último acesso em 19/03/2006.